

Hubungan Sifat Kimia dan Rheologi Tepung Jagung Putih dengan Fermentasi (N. Aini et al.)

HUBUNGAN SIFAT KIMIA DAN RHEOLOGI TEPUNG JAGUNG PUTIH DENGAN FERMENTASI SPONTAN BUTIRAN JAGUNG¹⁾

(Chemical and Rheological Properties Correlation of White Corn Flour Influenced by Spontaneous Fermentation of Corn Grits)

**Nur Aini, Purwiyatno Hariyadi²⁾,
Tien R. Muchtadi²⁾, dan Nuri Andarwulan²⁾**

ABSTRACT

Fermented was reported to have different physicochemical and functional properties to those of non fermented flour. The objective of this research was to study the effect of spontaneous fermentation to chemical and rheological properties of corn flour and to identifying correlation among parameters. Flour was prepared by spontaneous fermentation with variation of fermentation time (0, 12, 24, 36, 48, 60 and 72 hours). The result indicated that the increasing of corn grits fermentation time was decrease of protein, crude fiber, lipid, ash, starch and amylase content of corn flour. The increasing of protein content, reduction sugar, crude fiber, ash, bulk density and gelatinization time were decrease of gel strength. Gel strength will be promote with increasing of angle of repose and peak viscosity. Gel stickiness will decrease with increasing of amyloso: amylopectin ratio and breakdown viscosity.

Key words: white corn, flour, fermentation, chemical, rheological

PENDAHULUAN

Berdasarkan warnanya, jagung kering dibedakan menjadi jagung kuning (90% bijinya berwarna kuning), jagung putih (90% bijinya berwarna putih), dan jagung campuran yang tidak memenuhi syarat-syarat tersebut. Jika dibandingkan dengan jagung kuning, penggunaan jagung putih di Indonesia belum berkembang. Padahal, tanaman jagung putih berpotensi dikembangkan di Indonesia karena lebih tahan terhadap kekeringan dan produktivitasnya lebih tinggi daripada jagung kuning. Keunggulan lain jagung putih adalah mempunyai nilai tambah \$22.1 /ha, lebih tinggi daripada jagung kuning, yaitu \$15.5 /ha (Vegrains, 2005). Penelitian tentang sifat-sifat tepung jagung putih sangat diperlukan karena penggunaannya di industri masih terbatas sehingga dengan mengetahui sifatnya akan bermanfaat dalam aplikasinya. Tepung jagung dipilih sebagai langkah awal diversifikasi pengolahan jagung putih karena (i) tepung lebih luas penggunaannya untuk berbagai macam bahan makanan, (ii) penyimpanan tepung lebih mudah dan umur simpannya lebih lama, dan (iii) jika diperlukan, defisiensi beberapa zat gizi dapat lebih mudah diatasi dengan melakukan fortifikasi atau suplementasi. Secara tradisional, proses fermentasi banyak digunakan untuk proses produksi tepung dan adonan dari umbi-umbian dan sereal pada skala rumah tangga di Afrika. Menurut Achi dan Akomas (2006), fermentasi digunakan secara luas untuk

¹⁾ Bagian dari disertasi penulis pertama, Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana IPB

²⁾ Berturut-turut Ketua dan Anggota Komisi Pembimbing

pengolahan dan pengawetan pangan karena teknologinya mudah dan keperluan energinya rendah serta produk akhirnya mempunyai kualitas organoleptik yang unik. Teknik fermentasi dilakukan secara sederhana dengan cara merendam bahan dalam air selama selang waktu tertentu kemudian diolah menjadi tepung atau produk lain.

Proses fermentasi dilaporkan dapat mempengaruhi sifat fungsional tepung yang dihasilkan. Proses fermentasi sederhana mampu menurunkan densitas tepung sorgum sebesar 10% (Elkhalifa *et al.*, 2005), menurunkan densitas dan viskositas pada makanan sapihan di Afrika (Onofiok dan Nnanyelugo, 1998), menurunkan viskositas adonan dalam pembuatan uji, yaitu sereal dan tepung singkong yang difermentasi (Onyango *et al.*, 2003), menurunkan kadar serat pada tepung ubi kayu (Subagio, 2006), dan menurunkan faktor antinutrisi pada biji millet (Hassan *et al.*, 2006). Fermentasi juga mampu meningkatkan daya cerna protein pada biji millet dan pada ogi (Nago *et al.*, 1998).

Tujuan penelitian adalah mempelajari karakter kimia dan rheologi tepung jagung putih yang dipengaruhi proses fermentasi serta mengidentifikasi adanya interaksi antarvariabel yang berkorelasi sehingga dapat dihasilkan model prediktif untuk karakter rheologinya. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting tentang identifikasi potensi pemanfaatan jagung putih sebagai bahan pangan.

METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian ini adalah jagung putih varietas Lokal dari Balai Penelitian Tanaman Pangan (BPTP) Ungaran, Kabupaten Semarang. Alat yang digunakan adalah *pin disc mill*, pengering kabinet, ayakan 60 mesh, serta alat-alat analisis sifat tepung, yaitu *brabender amilograph*, spektrofotometer, *texture analyzer*, oven, dan *soxhlet*.

Tepung jagung putih dibuat secara fermentasi spontan menggunakan metode Aremu (1993) yang dimodifikasi dengan cara (i) penggilingan jagung menjadi butiran dengan diameter ± 4 mm menggunakan *pin disc mill*, (ii) penghilangan kulit dan bagian-bagian yang mengapung di air setelah direndam selama 5 menit, (iii) fermentasi butiran jagung dalam wadah tertutup selama 0, 12, 24, 36, 48, 60, dan 72 jam dengan perbandingan air:bahan 2:1, (iv) penirisan, (v) pengeringan menggunakan kabinet pengering dengan suhu 50°C selama 3 jam, (vi) penggilingan menggunakan *pin disc mill*, dan (vii) pengayakan 60 mesh.

Tepung yang dihasilkan dianalisis sifat fisikokimia dan fungsionalnya. Variabel yang diamati meliputi distribusi ukuran partikel, kadar air, lemak, protein, abu, serat kasar (AOAC 1995), pati, gula reduksi, pH, serta sifat gel menggunakan *texture analyzer*. Variabel lain yang diamati meliputi sudut curah, *loose density*, *tapp density*, derajat putih, warna, suhu gelatinisasi, viskositas puncak, viskositas panas, viskositas dingin selama 15 menit, viskositas dingin, dan stabilitas pasta (data tidak ditampilkan).

Untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi butiran jagung terhadap sifat tepung dilakukan uji perbedaan metode Duncan. Untuk mengetahui hubungan keeratan antarvariabel rheologi dilakukan analisis korelasi, kemudian antarvariabel yang berkorelasi dengan signifikansi ≤ 0.01 dianalisis regresi untuk mengetahui kecenderungan hubungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Kimia

Fermentasi sampai 12 jam menurunkan kadar serat kasar tepung jagung yang dihasilkan karena sebagian serat larut mengalami *leaching* dalam air perendam, sedangkan setelah 12 jam cenderung tidak ada lagi serat yang *leaching* dalam air perendam sehingga kadar serat kasar tepung jagung yang dihasilkan relatif konstan (Tabel 1). Butiran jagung putih yang digunakan mempunyai kadar serat kasar 6.09%, sedangkan tepung jagung yang dibuat tanpa fermentasi (0 jam) mempunyai kadar serat kasar 2.97%. Pada tahap penggilingan, bagian-bagian seperti perikarp, pangkal, dan aleuron hancur sehingga kandungan serat tepung jagung lebih rendah daripada kandungan serat jagung. Sebagian besar serat pada kulit jagung sengaja dihilangkan pada proses pembuatan tepung jagung karena kulit jagung akan menghasilkan tepung jagung dengan tekstur kasar. Kadar serat kasar tepung jagung berkorelasi dengan waktu fermentasi jagung ($r=-0.684$, $p\leq 0.01$). Serat merupakan bagian yang tidak terpisahkan pada struktur alami tanaman yang terdiri dari beberapa komponen seperti lignin, selulosa, hemiselulosa, substansi pektik, gum, waxes, dan oligosakarida yang tidak tercerna. Hemiselulosa dan substansi pektik yang mampu mengikat air dan mengembang disebut serat larut. Sebagian hemiselulosa, selulosa dan lignin, yang sedikit mengikat air disebut serat tidak larut. Menurut Boyer (1987) serat jagung terdiri dari 70% hemiselulosa, 23% selulosa dan 0.1% lignin. Serat larut mengalami *leaching* dalam air perendam sampai fermentasi selama 12 jam, selanjutnya yang tertinggal adalah serat tidak larut sehingga jumlahnya relatif tidak berubah setelah 12 jam fermentasi.

Tabel 1. Komposisi kimia tepung jagung putih yang dihasilkan dengan variasi waktu fermentasi butiran jagung

Waktu fermentasi jagung (jam)	Komposisi kimia tepung jagung yang dihasilkan				
	Kadar air (%)	Protein (% bk)	Lemak (% bk)	Abu (% bk)	Serat kasar (% bk)
0	10.3 ^{ab} ±0.2	10.0 ^c ±0.1	4.1 ^d ±0.1	1.01 ^e ±0.06	2.97b±0.75
12	10.1 ^{ab} ±0.5	9.2 ^b ±0.1	3.8 ^c ±0.1	0.78 ^c ±0.01	1.28 ^a ±0.03
24	11.7 ^b ±0.5	9.2 ^b ±0.1	4.0 ^d ±0.1	0.55 ^b ±0.02	1.32 ^a ±0.07
36	10.0 ^a ±0.8	8.9 ^a ±0.1	4.0 ^d ±0.1	0.47 ^{ab} ±0.06	1.12 ^a ±0.03
48	10.8 ^{ab} ±0.1	8.7 ^a ±0.3	3.7 ^{bc} ±0.1	0.49 ^{ab} ±0.08	1.25 ^a ±0.02
60	11.4 ^{ab} ±1.0	8.7 ^a ±0.1	3.4 ^a ±0.2	0.53 ^b ±0.04	1.0 ^a ±0.16
72	11.3 ^{ab} ±1.6	8.8 ^a ±0.1	3.5 ^{ab} ±0.1	0.4 ^a ±0.07	1.1 ^a ±0.04

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf sama pada satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Fermentasi jagung selama 12 sampai 36 jam menurunkan kadar protein tepung jagung yang dihasilkan, sedangkan lebih dari 36 jam tidak mengubah kadar proteinnya. Fermentasi mengakibatkan terjadinya hidrasi, perlunakan kernel dan terjadinya bagian terlarut dari germ sehingga beberapa protein yang bersifat larut air mengalami *leaching* dan terbuang dalam air perendam. Hal ini mengakibatkan menurunnya kadar protein tepung jagung yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Perez *et al.*, (2003) bahwa padatan air perendam mengandung 45 sampai 50 persen total protein yang berada dalam bentuk asam amino, dan terjadi penurunan kadar protein pada pati jagung saat fermentasi jagung ditingkatkan dari

8 jam menjadi 16 jam, sedangkan waktu fermentasi yang lebih lama tidak secara nyata menurunkan kadar protein.

Penurunan kadar protein berhubungan juga dengan pH-nya. Pada saat fermentasi 12 sampai 36 jam, jagung masih berada di luar titik isoelektrik dan beberapa protein mempunyai kelarutan tinggi sehingga banyak protein terlarut dalam air perendam. Hal ini mengakibatkan penurunan kadar protein hanya terjadi pada waktu fermentasi 12 sampai 36 jam. Setelah 48 jam fermentasi, jagung berada pada titik isoelektrik, yaitu pada pH 4.5-4.8, sehingga kelarutan protein jagung selama proses fermentasi minimal dan kadar protein tepung jagung yang dihasilkan relatif konstan.

Fermentasi jagung sampai 36 jam cenderung tidak mengubah kadar lemak tepung jagung yang dihasilkan, sedangkan fermentasi jagung selama 48 jam menurunkan kadar lemak tepung jagung yang dihasilkan (Tabel 1). Fermentasi mengakibatkan terjadinya hidrasi, perlunakan kernel, dan terjadinya bagian terlarut dari germ. Lemak merupakan komponen yang banyak terdapat di bagian germ, sehingga adanya beberapa bagian germ yang terlarut menurunkan kadar lemak tepung jagung selama fermentasi.

Fermentasi jagung menurunkan kadar abu tepung jagung yang dihasilkan (Tabel 1). Menurunnya kadar abu selama fermentasi disebabkan lepasnya mineral pada waktu perendaman, yaitu terjadi *leaching* sebagian mineral pada air perendam. Sahlin (1999) menyatakan bahwa kadar abu tidak dipengaruhi oleh fermentasi kecuali jika pada proses fermentasi tersebut ditambahkan beberapa garam atau terjadi *leaching* saat bagian yang cair dipisahkan dari makanan yang difermentasi. Jagung mempunyai mineral-mineral natrium, kalium, fluor, dan iodine yang mempunyai tingkat kelarutan tinggi dalam air dan afinitas rendah sehingga banyak terdapat sebagai ion bebas (Watson, 1987). Ion-ion inilah yang mengalami *leaching* dalam air perendam sehingga kadar mineral tepung jagung yang dihasilkan mengalami penurunan pada fermentasi 0 sampai 36 jam. *Leaching* mineral yang terjadi pada fermentasi 0 sampai 36 jam menurun, sedangkan setelah itu kadar mineral cenderung tetap. Selain sebagai ion bebas, mineral pada jagung juga terdapat dalam bentuk kompleks. Menurut Watson (1987) komponen inorganik yang paling banyak terdapat pada jagung adalah fosfor, yang sebagian berada sebagai garam kalium-magnesium asam fitat yang merupakan bentuk ester dari heksafosfat inositol. Fitin adalah bentuk penyimpanan penting dari fosfor, yang dipecah oleh enzim fitase pada proses fermentasi.

Fermentasi menurunkan pH tepung jagung yang dihasilkan (Tabel 2). Penurunan pH disebabkan aktivitas bakteri asam laktat selama fermentasi. Asam laktat merupakan asam nonvolatil yang umum terdapat selama fermentasi sereal dan umbi-umbian yang dihasilkan oleh *Lactobacillus plantarum* homofermentatif pada gula dan dekstrin. Selain asam laktat, juga dihasilkan dari sejumlah besar asam asetat dan karbondioksida dari heksosa melalui *heksosa monofosfat pathway*. Adanya gelembung pada permukaan *slurry* selama proses fermentasi menunjukkan produksi karbondioksida (Onyango *et al.*, 2003). Asam laktat dan asam asetat menurunkan pH media sementara karbondioksida mengeluarkan udara dari *slurry* dan membantu proses anaerobiosis yang diperlukan selama fermentasi. Adanya aktivitas bakteri asam laktat yang menggunakan substrat gula berakibat menurunnya kadar gula reduksi dan pH selama 0 sampai 36 jam. Aremu (1993) menyatakan bahwa fermentasi jagung selama 48 jam menyebabkan

penurunan pH menjadi 4.5. Setelah 60 jam, pH tepung dan gula reduksi kembali meningkat sebagai hasil pemecahan pati oleh bakteri asam laktat.

Fermentasi butiran jagung menurunkan kadar amilosa karena larutnya granula pati yang bersifat *amorf* selama fermentasi (Tabel 2). Amilosa sebagian besar berada pada daerah *amorf* sehingga adanya *leaching* bagian *amorf* selama fermentasi mengurangi sebagian kecil amilosa.

Tabel 2. Kadar gula reduksi, pati, amilosa dan pH tepung jagung putih yang dihasilkan dengan variasi fermentasi jagung

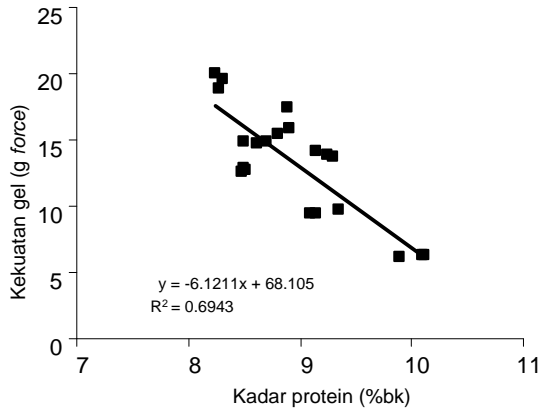
Waktu fermentasi butiran jagung (jam)	Komposisi kimia tepung jagung yang dihasilkan			
	Kadar gula reduksi (% bk)	Kadar pati (% bk)	Kadar amilosa (%)	pH
0	2.70 ^d ±0.08	77.0 ^c ±0.4	28.39 ^c ±0.71	5,67 ^a ± 0,04
12	2.21 ^c ±0.34	76.1 ^{bc} ±0.5	27.95 ^c ±0.67	5,47 ^d ± 0,04
24	1.55 ^b ±0.11	74.0 ^{ab} ±1.3	27.83 ^c ±2.35	4,93 ^c ± 0,07
36	1.16 ^a ±0.04	74.1 ^{ab} ±0.9	27.03 ^{ab} ±0.61	4,4 ^a ± 0,02
48	1.10 ^a ±0.13	72 ^a ±1.6	27.45 ^{bc} ±1.04	4,6 ^b ± 0,13
60	1.50 ^b ±0.21	72.3 ^a ±1.4	26.42 ^a ±1.70	4,88 ^c ± 0,08
72	1.66 ^b ±0.13	71.5 ^a ±2.4	26.81 ^{ab} ±0.54	4,7 ^b ± 0,09

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf sama pada satu kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Kekuatan Gel

Kekuatan gel menunjukkan besarnya beban untuk melakukan deformasi gel sebelum gel menjadi sobek. Fermentasi jagung selama 0 sampai 36 jam meningkatkan kekuatan gel dengan adanya kompleks inklusi heliks lemak dengan amilosa yang meningkatkan stabilitas pasta dan menurunkan kecenderungan produk untuk teretrogradasi.

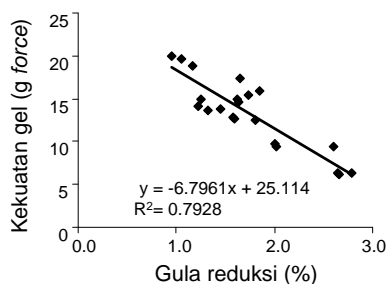
Kekuatan gel tepung jagung berkorelasi dengan kadar protein ($r=-0.833$, $p\leq 0.01$) dan rasio pati : protein ($r=0.736$, $p\leq 0.01$). Semakin tinggi kadar protein, semakin rendah kekuatan gel yang dapat dinyatakan dengan persamaan $y=-6.1211x + 68.105$ ($R^2 = 0.6943$) seperti terlihat pada Gambar 1. Semakin tinggi rasio pati:protein tepung jagung, semakin tinggi kekuatan gel yang dihasilkan. Protein yang bersifat hidrofilik akan bersaing dengan pati untuk mendapatkan air. Kurangnya air yang dapat diserap oleh pati menghambat proses gelatinisasi, menurunkan viskositas puncak pasta dan kekuatan gel yang dihasilkan. Menurut Cherry (1982), interaksi antara pati dan protein bergantung pada gaya tarik menarik koloid yang bermuatan. Tanpa adanya panas, mekanisme interaksi protein-pati merupakan interaksi antarmuatan, yang sangat bergantung pada pH, dan titik isoelektrik protein. Pemanasan meningkatkan kompleksitas reaksi antara pati dan protein. Perubahan thermal dalam protein berhubungan dengan denaturasi yang dipacu dengan keberadaan air. Denaturasi protein sereal berhubungan dengan reaksi disulfida-sulhidril yang menghasilkan ikatan silang protein, misalnya interaksi protein-protein. Pati menjadi kehilangan kristalinitas, pengembangan granula dan *leaching* amilosa meninggalkan amilopektin. Granula pecah dan matriks amilosa membentuk jaringan gel. Pada saat terjadi kontak protein dan pati, terbentuk matriks pati-protein yang stabil melalui ikatan hidrogen, kovalen, dan ionik.



Gambar 1. Hubungan antara kadar protein dengan kekuatan gel tepung jagung putih

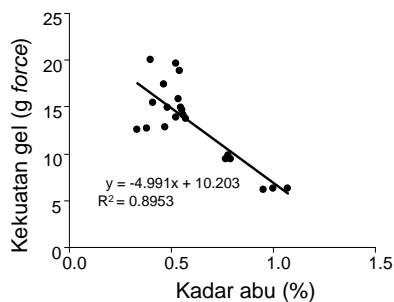
pH tepung jagung mempengaruhi kekuatan gel pasta tepung jagung karena pada pH rendah, pati lebih cepat tergelatinisasi dan kekuatan gel semakin tinggi. Pada pH rendah yang sangat ekstrim menyebabkan hidrolisis pati, dengan bagian *amorf* granula pati akan dipecah terlebih dahulu, sedangkan bagian kristalin dihidrolisis pada kecepatan lebih rendah. Pada penelitian ini, pH tepung jagung yang dihasilkan masih belum mencukupi terjadinya hidrolisis pati sehingga gel yang dihasilkan makin kuat dengan menurunnya pH ($r=-0.879$, $p\leq 0.01$). Gel yang terbentuk pada waktu pendinginan bergantung pada ikatan hidrogen dan elektrostatik, didukung dengan suhu yang rendah. Gel paling lemah terbentuk pada pH asam yang ekstrem (pH 1-2) dan sangat basa (pH >10). Pada *range* sangat asam, gugus karboksilat menunjukkan ionisasi minimum, sedangkan pada pH mendekati 10, ionisasi tirosine meningkat dan lisin menurun. Pada pH basa kuat, interaksi gugus karboksilat-fenolik dan gugus karboksilat-amino terprotonasi dihambat. Pada pH 1-2 ikatan homolog antara gugus karboksilat terprotonasi masih dapat terbentuk. Pada pH 10, ikatan antara gugus karboksilat dan arginin kemungkinan terbentuk. Pada pH 12, dengan gugus amino arginin mudah dititrasi, tidak terbentuk gel.

Gula bersifat hidrofilik sehingga dapat menghambat pengikatan air pada pati yang mempengaruhi kekuatan gel. Pengaruh gula tergantung jenis gula, sukrosa mempunyai suhu gelatinisasi tertinggi, yang peningkatannya bergantung pada konsentrasi sukrosa. Gula lain, yaitu fruktosa, glukosa, dan maltosa, mempengaruhi gelatinisasi dengan pola yang sama. Semakin tinggi konsentrasi substansi mengandung hidroksil yang larut air, semakin besar penghambatan pengembangan granula (Christianson, 1982). Kadar gula reduksi yang semakin rendah akan menurunkan suhu gelatinisasi dan sebagai konsekuensinya meningkatkan viskositas dan kekuatan gel yang terbentuk. Kekuatan gel berkorelasi dengan kadar gula reduksi ($r=-0.891$, $p\leq 0.01$) dan rasio pati:gula reduksi ($r=0.852$, $p\leq 0.01$). Semakin tinggi kadar gula reduksi, semakin rendah kekuatan gel yang dapat dinyatakan dalam persamaan $y=-6.7961x+25.114$ ($R^2=0.7928$) seperti dapat dilihat pada Gambar 2. Semakin tinggi rasio pati:gula reduksi, semakin tinggi kekuatan gel.



Gambar 2. Hubungan antara kadar gula reduksi dengan kekuatan gel tepung jagung putih

Kekuatan gel tepung jagung berkaitan dengan kadar abu ($r=-0.805$, $p\leq 0.01$) dan kadar serat kasar ($r=-0.6$, $p\leq 0.01$). Pemanasan pati dengan keberadaan mineral dan serat kasar dapat menghambat pengikatan air pada pati, sehingga tidak hanya suhu gelatinisasi yang meningkat tetapi juga mempengaruhi profil pasta, menurunkan viskositas dan kekuatan gel. Hubungan antara kadar mineral dengan kekuatan gel tepung jagung dapat dinyatakan dengan persamaan $y=-4.991x+10.203$ ($R^2=0.8953$) seperti dapat dilihat pada Gambar 3.

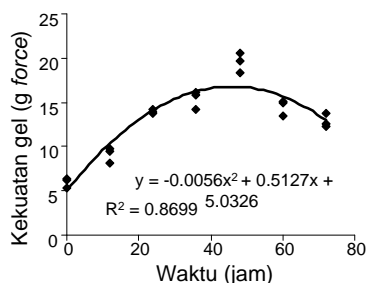


Gambar 3. Hubungan antara kadar abu dengan kekuatan gel tepung jagung putih

Kekuatan gel berkorelasi dengan suhu gelatinisasi ($r=-0.467$, $p\leq 0.05$), viskositas puncak ($r=0.715$, $p\leq 0.01$), viskositas panas ($r=0.74$, $p\leq 0.01$), viskositas panas 15 menit ($r=0.578$, $p\leq 0.01$), dan rasio VD:VPa15 ($r=-0.638$, $p\leq 0.01$). Pati yang lebih cepat mengalami gelatinisasi atau suhu gelatinisasinya rendah akan menghasilkan granula yang lebih mengembang dan lebih tahan terhadap pemasakan sehingga meningkatkan kekuatan gel yang dihasilkan. Retrogradasi tepung jagung menurunkan kekuatan gelnya.

Kekuatan gel tepung jagung berkorelasi dengan waktu fermentasi butiran jagung ($r=0.642$, $p\leq 0.01$). Fermentasi jagung selama 0 sampai 48 jam meningkatkan kekuatan gel dengan adanya kompleks inklusi heliks lemak dengan amilosa yang meningkatkan stabilitas pasta dan menurunkan kecenderungan produk untuk teretrogradasi. Meningkatnya kekuatan gel ini juga diakibatkan menurunnya beberapa komponen kimia seperti serat kasar, lemak, gula reduksi, dan pH. Setelah 48 jam kekuatan gel menurun karena kadar serat kasar, lemak, dan protein tidak lagi mengalami penurunan, tetapi kadar gula reduksi serta pH mengalami peningkatan. Kekuatan gel merupakan fungsi yang kompleks

sehingga untuk memprediksi kekuatan gel dapat juga berdasarkan waktu fermentasi butiran jagung. Hubungan antara waktu fermentasi butiran jagung dan kekuatan gel tepung jagung dapat dinyatakan dengan persamaan kuadrat, yaitu $y = -0.0056x^2 + 0.5127x + 5.0326$ ($R^2 = 0.8699$) (Gambar 4).



Gambar 4. Pengaruh waktu fermentasi butiran jagung terhadap kekuatan gel tepung jagung

Kelengketan Gel

Fermentasi jagung selama 0 sampai 48 jam menghasilkan kelengketan gel tepung jagung yang tidak berbeda nyata, sedangkan setelah fermentasi jagung selama 60 jam kelengketan gel tepung jagung meningkat (Tabel 3). Nilai yang semakin negatif menunjukkan kelengketan gel yang semakin besar. Kelengketan gel tepung jagung berkorelasi dengan kadar protein, lemak, serat kasar, abu, amilosa, air, *packed density*, sudut curah, suhu gelatinisasi, viskositas panas 15 menit, *breakdown viscosity*, dan waktu fermentasi jagung.

Tabel 3. Sifat gel tepung jagung yang dihasilkan dengan variasi waktu fermentasi jagung

Waktu fermentasi butiran jagung	Kelengketan gel
0	-4.48 \pm 0.38
12	-4.18 \pm 0.5
24	-5.28 \pm 0.78
36	-5.02 \pm 0.76
48	-4.7 \pm 0.78
60	-7.02 \pm 0.63
72	-8.33 \pm 0.99

Keterangan: angka yang diikuti dengan huruf sama menunjukkan tidak beda nyata pada taraf 5%

Kelengketan gel terutama berkaitan dengan kadar amilosa ($r=0.636$, $p \leq 0.01$) dan kadar lemak ($r=0.658$, $p \leq 0.01$). Selama pengembangan, amilosa cenderung larut dan lepas ke dalam media air, mengalami reasosiasi di antara ikatan hidrogennya dan menghasilkan gel. Pasta menjadi keruh dan buram saat didinginkan dan akhirnya akan mengeluarkan air membentuk konsistensi elastis. Eliasson dan Gundmusson (1996) menyatakan bahwa rasio amilosa/amilopektin mempunyai pengaruh besar terhadap sifat rheologi pasta dan gel. Kompleks inklusi amilosa-lemak yang terbentuk di permukaan granula menghambat pengembangan dan meningkatkan kelengketan gel. Kompleks inklusi lemak-amilosa ini mempengaruhi pula viskositas dan *breakdown viscosity* yang mencerminkan stabilitas pasta. Hal ini juga yang mengakibatkan viskositas panas

15 menit dan *breakdown viscosity* berkorelasi dengan kelengketan gel. Menurut Eliasson dan Gudmunsson (1996), ada tiga kemungkinan kompleks inklusi amilosa-lemak. Pertama, kompleks utuh yang mengganggu kristalisasi amilopektin dan menghambat retrogradasi. Kedua, kompleks amilosa-lemak dapat mengubah atau memperlambat distribusi air dan retrogradasi. Ketiga, kristalisasi bersama amilosa dan amilopektin ke tingkat yang lebih luas, dan substansi kompleks tersebut mengurangi peran amilosa pada proses kristalisasi kembali. Interaksi amilopektin dan lemak berarti bahwa lemak langsung berinteraksi dengan fraksi amilopektin pada tingkat yang lebih kecil dan menghambat retrogradasi melalui kompleks amilopektin-lemak. Semakin stabil pasta yang terbentuk, kelengketan gel semakin berkurang.

Kelengketan gel berkorelasi dengan kadar abu ($r=0.536$, $p\leq 0.05$). Semakin besar serat kasar dan mineral dalam bahan, semakin rendah kelengketan gel karena serat kasar dan mineral menghambat *leaching* amilosa dari granula pati.

Kelengketan gel berkorelasi dengan kadar air ($r=-0.517$, $p\leq 0.05$). Semakin banyak air yang terdapat di dalam bahan berarti semakin intensif interaksi antartpartikel yang akan meningkatkan kelengketan gel. Kelengketan gel juga berkorelasi dengan sudut curah ($r=-0.603$, $p\leq 0.01$). Semakin tinggi sudut curah atau semakin sulit mengalir, akan semakin lengket.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

- (1) Beberapa sifat kimia dan rheologi tepung jagung putih dipengaruhi oleh waktu fermentasi butiran jagung, yaitu (i) fermentasi 0 sampai 36 jam menurunkan kadar protein, serat kasar, mineral, pati, amilosa, dan pH tepung jagung yang dihasilkan, kemudian 36 sampai 72 jam konstan; (ii) fermentasi 0 sampai 36 jam menghasilkan tepung jagung dengan kadar gula reduksi turun, 36 sampai 48 jam konstan, dan 48 sampai 72 jam naik; (iii) fermentasi 0 sampai 36 jam meningkatkan kekuatan gel tepung jagung yang dihasilkan, 36 sampai 48 jam kekuatan gel turun, dan 48 sampai 72 jam konstan; (v) fermentasi 0 sampai 72 jam meningkatkan kelengketan gel tepung jagung.
- (2) Sifat kimia dan rheologi tepung jagung yang saling berkaitan adalah (i) semakin tinggi rasio amilosa:amilopektin dan *breakdown viscosity* akan menurunkan kelengketan gel; (ii) kadar protein, gula reduksi, serat kasar, mineral, densitas, dan suhu gel atinisasi yang semakin rendah akan meningkatkan kekuatan gel; (iii) semakin tinggi sudut curah dan viskositas puncak meningkatkan kekuatan gel.

Saran

Untuk menghasilkan tepung jagung putih dengan sifat rheologi yang diinginkan, perlu dibuat model yang menyatakan hubungan antara sifat rheologi dengan parameter yang dapat dikendalikan, yaitu waktu fermentasi jagung. Untuk menguji validasinya, model tersebut harus dibuktikan pada proses pembuatan tepung jagung yang hasilnya diaplikasikan pada produk pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achi, O.K. and Akomas, N.S. 2006. Comparative assessment of fermentation techniques in the processing of fufu, a traditional fermented cassava product. *Pakistan Journal of Nutrition* 5: 224-229.
- [AOAC] American Association of Cereal Chemists. 1995. *Official Methods of Analysis*. Airlington: Association of Official Analytical Chemistry.
- Aremu, C.Y. 1993. Nutrient composition of corn ogi prepared by a slightly modified traditional technique. *Food Chemistry* 46:231-233.
- Boyer, C.D., Shannon, J.C. 1987. *Carbohydrates of the kernel*. Di dalam Watson, S.A. and Ramstad, P.E. editor. *Corn: Chemistry and Technology*. St Paul: American Association of Cereal Chemists. hlm 253-272
- Cherry, J.P. 1982. Protein-polysaccharide interactions. In *Food Carbohydrates*. Lineback DR dan Inglett GE. AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Christianson, D.D. 1982. Hydrocolloid interactions with starches. In *Food Carbohydrates*. Lineback DR dan Inglett GE. AVI Publishing Company Inc. Westport Connecticut.
- Elkhalifa, A.E.O., Schiffler, B., and Bernhardt, R. 2005. Effect of fermentation on the functional properties of sorghum flour. *Food Chemistry* 92: 1-5.
- Eliasson, A.C. and Gudmundsson, M. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects dalam *Carbohydrates in Food*. Eliasson AC. Editor. New York: Marcel Dekker.
- Hassan AB, Ahmed IAM, Osman NM, Eltayeb MM, Osman GA, Babiker EE. 2006. Effect of processing treatments followed by fermentation on protein content and digestibility of pearl millet (*Pennisetum typhoideum*) cultivars. *Pakistan Journal of Nutrition* 5:86-89.
- Nago, M.C., Hounhouigan, J.D., Akissoe, N., Zanou, E., and Mestres, C. 1998. Characterization of the Beninese traditional ogi, a fermented maize slurry: physicochemical and microbiological aspects. *International Journal of Food Science and Technology* 33:307-315.
- Onyango, C., Okoth, M.W., and Mbugua, S.K. 2003. The pasting behaviour of lactic-fermented and dried *uji* (an East African sour porridge). *Journal Science Food Agriculture* 83:1412-1418.
- Onofiok, N.O. and Nnanyelugo, D.O. 1998. Weaning foods in West Africa: nutritional problems and possible solutions. *Food and Nutrition Bulletin* 19: 27-33.
- Perez, O.E., Haros, M., Suarez, C., and Rosess, C.M. 2003. Effect of steeping time on the starch properties from ground whole corn. *Journal of Food Engineering* 60: 281-287.

- Sahlin, P. 1999. Fermentation as a method of food processing production of organic acids, pH-development and microbial growth in fermenting cereals [tesis]. Lund Institute of Technology, Lund University.
- Subagio, A. 2006. Ubi kayu substitusi berbagai tepung-tepungan. *Food Review* 1:18-21.
- Vegrains. 2005. Value enhanced grains products: white corn. <http://www.vegrains.org> (30 Maret 2005).
- Watson, S.A. 1987. *Stucture and Composition*. Di dalam Watson, S.A. and Ramstad, P.E. editor. Corn: Chemistry and Technology. St Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.